

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-276609

(43)Date of publication of application : 30.09.1994

(51)Int.Cl.

B60L 9/18
H02M 3/155
H02M 7/797

(21)Application number : 05-320728

(71)Applicant : GENERAL ELECTRIC CO <GE>

(22)Date of filing : 21.12.1993

(72)Inventor : DE DONCKER RIK W A A
KING ROBERT D

(30)Priority

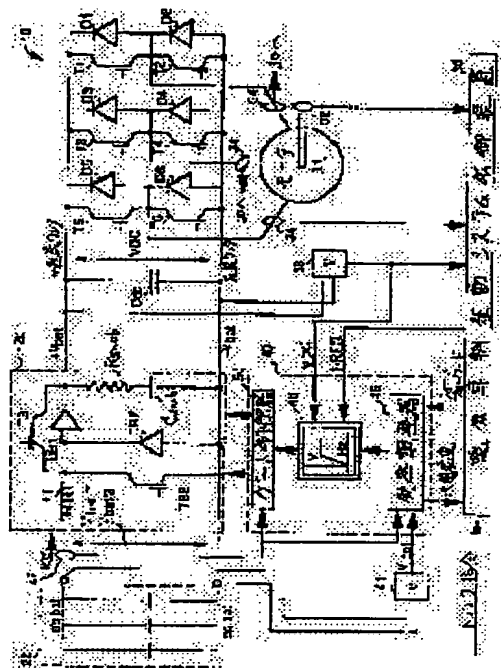
Priority number : 92 993879 Priority date : 23.12.1992 Priority country : US

(54) ELECTRIC DRIVE SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To supply an electric drive system improving the reliability of a battery and the efficiency of the system.

CONSTITUTION: An AC electric drive system contains a bi-directional power semiconductor interface 20 between a battery 22 or an auxiliary energy storage device and a power inverter 10. The bi-directional power semiconductor interface 20 boosts the input DC voltage so that DC link voltage substantially has no relation with the input DC voltage and the parameter of the battery 22 or the energy storage device and reduces/connects DC link voltage from input DC voltage. Then, input DC voltage is controlled so that efficiency is made maximum by using a prescribed torque envelope value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.07.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-20403

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 20.10.2003

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-276609

(43)公開日 平成6年(1994)9月30日

| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|-------|-----------|-----|--------|
| B 6 0 L | 9/18 | A 9380-4H | | |
| H 0 2 M | 3/155 | W 8726-5H | | |
| | 7/797 | 9181-5H | | |

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平5-320728

(22)出願日 平成5年(1993)12月21日

(31)優先権主張番号 9 9 3 8 7 9

(32)優先日 1992年12月23日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
GENERAL ELECTRIC CO
MPANY

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタディ、リバーロード、1番

(72)発明者 リック・ウィヴィナ・アンナ・アデルソ
ン・デ・ドンカー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタディ、ローゼンダール・ロード、2386
番

(74)代理人 弁理士 生沼 徳二

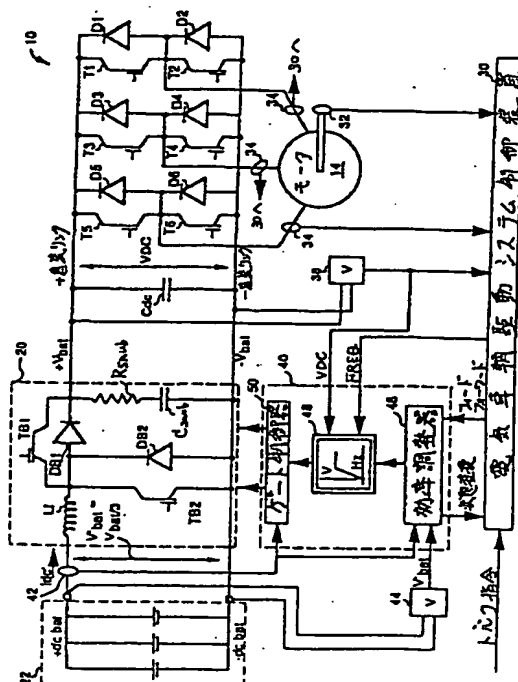
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気駆動システム

(57)【要約】

【目的】 蓄電池の信頼性を高めると共にシステムの効率を高めることのできる電気駆動システムを提供する。

【構成】 本発明に係る交流電気駆動システムが、蓄電池22又は補助エネルギー貯蔵装置と電力インバータ10との間に双方向電力半導体インタフェース20を含んでおり、双方向電力半導体インタフェース20は、直流リンク電圧が入力直流電圧及び蓄電池22又はエネルギー貯蔵装置のパラメータと実質的に無関係になるように、入力直流電圧を昇圧すると共に、入力直流電圧から直流リンク電圧を減結合する。所定のトルクの包絡値を用いて効率を最大にするように、入力直流電圧が制御される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 直流リンク電圧を交流出力電力に変換する電力インバータと、

当該駆動システムに入力直流電圧を送出するように、エネルギー貯蔵装置を前記電力インバータに接続する手段と、

該接続する手段と前記インバータとの間に接続されている双方向直流-直流変換器であって、該直流-直流変換器は、前記入力直流電圧を所定の率だけ昇圧しており、前記直流リンク電圧が前記入力直流電圧及び前記エネルギー貯蔵装置のパラメータと実質的に無関係になるように、前記直流リンク電圧を前記エネルギー貯蔵装置から送出された前記入力直流電圧から減結合している、双方向直流-直流変換器と、

所定のトルクの包絡値を用いて効率を最大にするように当該電気駆動システムの動作を制御することにより、前記入力直流電圧を制御する制御手段とを備えた電気駆動システム。

【請求項2】 前記エネルギー貯蔵装置は、並列接続されたモジュールを有している蓄電池を含んでいる請求項1に記載の電気駆動システム。

【請求項3】 前記直流-直流変換器は、突き合わせ昇圧形変換器を含んでいる請求項1に記載の電気駆動システム。

【請求項4】 前記制御手段は、ルックアップテーブルとしてメモリに記憶されている直流リンク電圧対モータ速度データ及びその結果得られる所定のトルクの包絡値を用いている請求項1に記載の電気駆動システム。

【請求項5】 直流リンク電圧を交流出力電圧に変換する電力インバータと、

当該駆動システムに入力直流電圧を送出するように、複数のエネルギー貯蔵装置の各々を前記電力インバータに接続する手段と、

該接続する手段の各々と前記インバータとの間に接続されている双方向直流-直流変換器であって、該直流-直流変換器の各々は、前記エネルギー貯蔵装置の各々の前記入力直流電圧を所定の率だけ昇圧しており、前記直流リンク電圧がそれぞれの前記入力直流電圧及びそれぞれの前記エネルギー貯蔵装置のパラメータと実質的に無関係になるように、前記直流リンク電圧をそれぞれの前記エネルギー貯蔵装置から送出された前記入力直流電圧から減結合している、双方向直流-直流変換器と、

所定のトルクの包絡値を用いて効率を最大にするように当該電気駆動システムの動作を制御することにより、前記エネルギー貯蔵装置の各々から供給された前記入力直流電圧を制御する制御手段とを備えた電気駆動システム。

【請求項6】 前記エネルギー貯蔵装置の少なくとも1つは、蓄電池を含んでいる請求項5に記載の電気駆動システム。

【請求項7】 前記エネルギー貯蔵装置の少なくとも1つ

は、ウルトラキャパシタを含んでいる請求項5に記載の電気駆動システム。

【請求項8】 前記エネルギー貯蔵装置の少なくとも1つは、超導電磁気エネルギー貯蔵装置を含んでいる請求項5に記載の電気駆動システム。

【請求項9】 前記制御手段は、直流-直流変換器の各々に付設されているそれぞれ別個の制御装置を含んでいる請求項5に記載の電気駆動システム。

【請求項10】 前記直流-直流変換器の各々は、突き合わせ昇圧形変換器を含んでいる請求項5に記載の電気駆動システム。

【請求項11】 前記制御手段は、ルックアップテーブルとしてメモリに記憶されている直流リンク電圧対モータ速度データ及びその結果得られる所定のトルクの包絡値を用いている請求項5に記載の電気駆動システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、一般的には電気駆動システムに関する。更に具体的に言えば、本発明は、推進用蓄電池の電圧又は補助エネルギー貯蔵装置の電圧を電気駆動システムの直流リンク電圧から減結合することにより、信頼性及び効率を改善することができるようにする電力半導体インタフェースに関する。

【0002】

【従来の技術】 今日の電気車輛駆動装置は、乗物の厳しい加速条件及び登坂条件に適合するように、それに要求されるトルク及び電力のレベルが増加しつつある。実用的であるためには、商業用の電気車輛駆動装置は、コスト、寸法及び重量を最小限にしなければならない。最近10年間、一層高い電圧の半導体装置が利用され得るようになるにつれて、業界は系統電圧（即ち、直流リンク電圧）をほぼ100Vから300Vまでに高めることにより、駆動システムの電力密度を高め、こうして定格電圧が一層高いが、定格電流の一層小さい電力半導体をインバータに用いることができるようにしてきた。この兼合いにより、電気駆動システムの寸法及びコストを最小限に抑えられたことが利点であった。蓄電池を別にする、インバータは電気駆動システム全体の中で最も費用のかかるサブシステムであり、電力半導体スイッチが一般的には、このインバータの中で最も費用のかかる部品である。これらの駆動装置の典型的な電圧レベルでは、電力半導体のコストは、電圧ではなく、電流の関数として一層急速に増加する。

【0003】 直流系統電圧を高くすることにより、コストを下げながら目立って性能が改善されてきた。しかしながら、直流系統電圧を増加することは、蓄電池を比較的高い電圧（典型的には公称300V）用に設計することを必要とし、これは、一層電流容量の小さいセルを設計すると共に、一層多数の小さいセル（例えば2V）を直列に接続することによって達成されているが、そのた

め、セルごとの容量の不釣合（ミスマッチ）により、蓄電池の信頼性及び寿命を低下させてしまうことが不利である。一層多数のセルが直列に接続されればされるほど、セルごとの変動の確率が一層大きくなる。蓄電池の重量の制約も又、並列に接続することができるセルの直列ストリングの数を制限し、更に信頼性を低下させる。

【0004】従って、高電圧蓄電池の信頼性の問題に対する解決策を提供すると共に、エネルギー貯蔵装置を直流リンク電圧から減結合することにより、交流電気駆動システムの効率を高めることが望ましい。

【0005】

【発明の要約】交流電気駆動システムが、直流リンク電圧を交流出力電圧に変換する電力インバータと、駆動システムに入力直流電圧を送出するように、エネルギー貯蔵装置を電力インバータに接続する手段と、接続する手段とインバータとの間に接続されている直流-直流変換器を含んでいる双方向電力半導体インタフェイスとを備えている。直流-直流変換器は、直流リンク電圧が入力直流電圧、及びエネルギー貯蔵装置のパラメータと実質的に無関係になるように、入力直流電圧を所定の率だけ昇圧していると共に直流リンク電圧を入力直流電圧から減結合している。所定のトルクの包絡値（エンベロープ）を用いて効率を最大にすべく電気駆動システムの動作を制御するために、入力電圧を制御する制御手段が設けられている。

【0006】本発明の電力半導体インタフェイスを用いることにより、電気駆動システムの蓄電池又はエネルギー貯蔵装置は、その信頼性及び寿命を最大にするような電圧に設計することができることが有利であり、その一方、駆動システムに対する電圧入力は、効率を最大にすると共に、所与のトルク/速度動作点に対して、インバータの部品に対するストレスを最小限にするように、インタフェイスを介して制御されている。

【0007】本発明の特徴及び利点は、以下図面について詳しく説明するところから明らかになる。

【0008】

【実施例】図1はモータ14を駆動するために蓄電池12に直接接続されているインバータ10を含んでいる普通の電気駆動システムを示す。モータ14は、例えば誘導機、永久磁石（内部若しくは表面磁石）形同期機、電子転流形モータ、又は切り換えリラクタンس機を含んでいる任意の適当な形式の交流機を備えていてもよい。入力フィルタ・キャパシタCdcが直流リンクVDCの間に接続されている。インバータ10は、相岐路当たり2つの直列接続されているスイッチング装置T1-T2、T3-T4、及びT5-T6をそれぞれ有している3相インバータを備えているものとして示されている。ダイオードD1-D2、D3-D4、及びD5-D6が各々のスイッチング装置T1-T2、T3-T4、及びT5-T6と逆並列にそれぞれ接続されている。

【0009】普通のように、スイッチング装置T1-T6は、外部のトルク指令に応答して、マイクロプロセッサを基本としたインバータ/モータ制御装置（図に示していない）によって制御されている。直流リンク電圧VDCの瞬時値は、蓄電池のパラメータ（例えば、開路電圧、内部抵抗、充電状態、温度）及びモータの特性と、電気駆動システムに対するトルク指令の大きさ及び極性との関数である。低速軽トルク運転には、インバータがパルス幅変調（PWM）モードで動作して、比較的高い蓄電池電圧Vbatを、モータの適正な運転に要求されるレベルまでチョッパ作用で下げることが必要であり、その結果、インバータのスイッチング装置に実質的な切り換え損失が生じる。

【0010】図1では、蓄電池12は、それぞれがVbat/3の電圧を有している3つの蓄電池モジュールの直列接続として構成されている比較的高い電圧の蓄電池として図式的に示されている。図1に示すような普通の電気駆動システムでは、電圧の高い蓄電池の1つのモジュールを構成しているセルの並列ストリングのうちの1つ又は更に多くのストリングに故障が起こったときに、蓄電池の容量に著しい劣化が生ずることが欠点である。

【0011】しかしながら、本発明によれば、蓄電池又は補助エネルギー貯蔵装置からのエネルギーが、電力半導体インタフェイス回路を介して高い電圧の交流駆動部へ効率的に転送される。補助エネルギー貯蔵装置の例としては、ウルトラキャパシタ、又は超導電磁気エネルギー貯蔵装置（SMES）のような磁気エネルギー貯蔵装置がある。インタフェイス回路は、エネルギー貯蔵装置の電圧を駆動システムの直流リンク電圧から減結合し、こうしてエネルギー貯蔵装置の利用度を最大にする。更に、インタフェイス回路は双方向の敏速なエネルギー変換を行い、駆動システムの敏速な加速及び回生エネルギーの回収を可能にする。

【0012】図2は本発明の一実施例による電気交流駆動システムを示す。直流-直流変換器を含んでいるインタフェイス回路20が、蓄電池22とインバータ10との間に接続されている。インタフェイス回路20のおかげで、蓄電池22は図1の蓄電池12（Vbat）よりも電圧が一層低い蓄電池（V'bat）を備えていることが有利である。具体的に言うと、図2では蓄電池22は、直列ではなく並列に接続されている3つの蓄電池モジュールを備えているものとして示されており、図1の場合に比べて、蓄電池全体の電圧を1/3に減少させている。

【0013】図2の駆動システムを用いて高い動力及び高い速度を達成するために、一層低い蓄電池電圧V'batは、せいぜい3倍だけ昇圧されなければならない。更に、合計の蓄電池電流Idc'は、図1の直流リンク電流Idcの3倍でなければならない。従って、図2の直流-直流変換器20のスイッチング装置の定格電流は、

図1の従来のシステムの各相枝路のスイッチの定格電流の約3倍にすることが必要になる。

【0014】図2は、直流-直流変換器20が周知の形式の突き合わせ昇圧形（即ち、双方向形）変換器を備えているものとして示されており、この変換器は、第1のスイッチング装置TB1及び逆並列ダイオードDB1の並列の組み合わせと直列に接続されている入力フィルタ誘導子Lfを有している。第2のスイッチング装置TB2及び逆並列ダイオードDB2の並列の組み合わせが、負の直流リンク電圧-VDCと、フィルタ誘導子Lf及びスイッチング装置TB1を結んでいる接続点との間に接続されている。スナッパ抵抗Rsnub及びスナッパ・キャパシタCsnubの直列の組み合わせが、負の直流リンク電圧-VDCとダイオードDB1の陰極との間に接続されている。

【0015】電気車輛駆動システム制御装置30は、（図1について前に述べたような）外部のトルク指令、タコメータ32からのモータ速度測定値、電流センサ34からの相電流測定値、及び電圧センサ36からの直流リンク電圧測定値を受け取る。制御装置30は更に、後で説明するような直流-直流変換器20の状態を表す信号を直流-直流制御装置40から受け取る。これに対して、制御装置30は、タコメータ32からのモータ速度信号を直流-直流制御装置40に対する周波数信号FREQUENCYに変換すると共に、直流-直流変換器20及びインバータ10のスイッチング装置に対するゲート信号を発生するためのフィードフォワード（前送り）信号を発生する。

【0016】図2に示すように、直流-直流制御装置40は、電圧センサ44からの蓄電池電圧測定値Vbatと、電流センサ42からの直流入力電流Idcの測定値とを受け取る。具体的に言うと、電圧Vbat及び電流Idcの測定値は効率調整器46に供給され、調整器46は、所定のトルクの包絡値（エンベロップ）を用いて効率を最大にするために、電圧制御ブロック48に対する効率調整信号を発生する。電圧制御ブロック48は、所定のトルクの包絡値を用いて効率を最大にすると共にモータの運転を制御するために、電圧センサ44からの直流リンク電圧測定値及び制御装置30からの周波数信号FREQUENCYを用いて、入力直流電圧Vbatを制御する。このトルクの包絡値を用いて運転を制御するための適正なゲート信号が、ゲート制御ブロック50によって発生される。

【0017】図3は、電圧制御ブロック48で用いられるような、電気車輛駆動システムに対する直流リンク電圧対モータ速度データ及びその結果得られるトルクの包絡線を示す。本発明によれば、直流-直流制御装置40は、効率が最大になるように、図3に示すような所定のトルクの包絡線に沿って運転を制御する。図3に示すようなデータは、例えば直流-直流制御装置40（図2）にルックアップテーブルとして記憶することができる。

動作について説明すると、駆動時（又はモータ動作の間）に、直流-直流変換器20は一層低い蓄電池電圧Vbatを一層高い直流リンク電圧VDCに昇圧する。低速及び軽トルクするとき、スイッチTB1及びTB2はオフであり、そのため変換器20の状態もオフであり、蓄電池電圧Vbatは順バイアスされたダイオードDB1を介してインバータ10に接続される。速度及びトルクを増加するためには、インタフェース20のスイッチング装置TB1及びTB2を用いて、蓄電池電圧を昇圧する。具体的に言うと、変換器20の状態がオンであり、動作は次に述べるように所定のトルクの包絡値を用いて維持される。スイッチTB2がターンオンになると、誘導子Lfの電流が増加する。電流が制御されたレベルまで増加した後、スイッチTB2はターンオフになり、誘導子Lfに流れていた電流の微分の符号が変わり、誘導子Lfの両端に電圧を誘起する。ダイオードDB1が順バイアスされ、直流リンク電圧を高めて、モータに電力を供給する。誘導子電流が制御された値まで減少すると、スイッチTB2が再びオンに切り替わり、このサイクルが繰り返される。

【0018】他方、回生制動の間、高圧直流リンクからの電力が蓄電池電圧の値Vbatに変換され、この結果、蓄電池に電流が流れ込む。特に、回生制動の間、スイッチTB2はオフに保たれる。スイッチTB1をターンオンし、誘導子Lfの電流を増加させる。電流が制御されたレベルまで増加した後、スイッチTB1をターンオフにすると、誘導子Lfの電流の微分の符号が変わり、その両端に電圧を誘起する。電流は、誘導子Lfから蓄電池に入り、その後、順バイアスされたダイオードDB2を介して誘導子Lfに戻る閉じた回路に流れる。スイッチTB1がオフである時間の間、直流リンク電流はフィルタ・キャパシタCdcを充電する。回生制動モードでは、高周波チョッパ作用を利用して、直流-直流変換器20及びインバータ10の受動形部品の規模及び重量を減少することができるようにするのが有利である。更に、蓄電池の回生電流の限界に応じて、スイッチTB1はスイッチTB2よりも定格電流を一層小さくすることができる。

【0019】図2の電気駆動システムは、モータのコーナ点の速度よりも低い速度及び軽トルクでの運転の際に効率が改善される。しかしながら、大トルク及び高速では、直流-直流変換器20を含んでいる交流駆動システム全体の効率は、図1に示すもとの駆動システムよりも若干低くなると予想される。しかしながら、蓄電池を電源とする大抵の電気車輛の用途では、全体の駆動のうち、最大動力又はトルクの包絡値で運転されるのは極く小さい部分である。従って、最大トルクの包絡値のときにシステムの効率が低下することは、蓄電池又はエネルギー貯蔵装置の信頼性、及び故障に対する寛容度を改善する点で、妥当な兼合いである。

【0020】本発明の電力半導体インタフェース回路の

他の利点として、直列誘導子L₁が存在するために、蓄電池に加えられる交流電流リップルが減少する。図4は本発明による他の実施例の電気駆動システムを示す図であって、それぞれが蓄電池とインバータ10との間に直流-直流変換器インタフェースを有している複数(n個)の蓄電池が用いられている。変換器のスイッチング装置の各々は、図2の直流-直流変換器の場合に比べて1/nの定格電流、又は図1の従来のシステムのスイッチング装置とほぼ同じ定格電流を有している。例えば、図4のシステムは、3つの蓄電池60~62と、3つの対応する直流-直流変換器インタフェース63~65とをそれぞれ有しているものとして示されている。図4のシステムは、個々の蓄電池のハード故障又はソフト故障の際に、余分の故障に対する寛容度を有することが有利である。ハード故障(例えば、短絡又は開路)が検出されたとき、それぞれの直流-直流変換器は不動作に(ディセーブル)され、駆動システムは2/3の容量で運転される。ソフト故障(即ち、蓄電池の劣化)の際には、外部の制御装置を用いて、他の2つの蓄電池と同じ電圧を保つように、劣化した蓄電池に対する負荷を減少させ、こうして、容量が低下した蓄電池に対するストレスを増やさずに、モータに対して最高の電力レベルを供給することができる。

【0021】図5は、低電圧の推進用蓄電池22及び補助エネルギー貯蔵装置70の両方を用いている本発明の他の実施例の電気駆動システムを示す。エネルギー貯蔵装置70は、ウルトラキャパシタ・バンクを備えているものとして示されている。蓄電池20及びウルトラキャパシタ・バンク70は、別々の直流-直流変換器インタフェース20及び72をそれぞれ介してインバータ10に接続されている。各々の直流-直流変換器インタフェースは、電流フィードバック、ゲート駆動及び保護の機能を有するそれ自身の局所的な制御装置40を有している。推進源の順序制御(即ち、トルク指令に応答した、蓄電池とウルトラキャパシタ・バンクとの間の瞬時電力の配分)が制御装置30'によって行われる。直流-直流変換器20及び72は両方共、双方向性であるので、システムの制御装置はウルトラキャパシタを、回生制動により、又は推進用蓄電池からのいずれかによって充電することができる。特に、ウルトラキャパシタ・バンクは、車輛の加速及び回生制動の際に、ダイナミックに大電力を送出したり、又は大電力を受け取り、こうして推進用蓄電池のピーク電力を、駆動装置の平均電力よりも若干高いレベルに下げる。従って、図5のシステムは、図2のシステムに比べて2つ余分のスイッチング装置を用いているが、直流-直流変換器インタフェース20がピーク電力ではなく平均電力を切り換えるので、定格電流が一層低いスイッチング装置を用いることができる。

【0022】図6は図5のウルトラキャパシタ・バンク70の代わりに、超導電磁気エネルギー貯蔵装置(SME

S)80を用いている本発明の他の実施例を示す。本発明の電気駆動システムの利点は、要約すれば次のようなことを含んでいる。

(1) 直列に接続されている一層少ない数のセルを有している電圧の一層低い蓄電池モジュールを用いて、蓄電池の信頼性を改善すると共に、蓄電池の寿命を長くする。

【0023】(2) 蓄電池のハード及びソフト故障の際に、駆動システムの故障に対する寛容度を改善する。

(3) 直流-直流変換器インタフェース回路に設けられている直列誘導子のために、蓄電池に印加される交流電流リップルが減少する。

(4) 容量が同じでない内部セルを有している蓄電池を用いて、運転中のシステムの性能及び制御作用が改善される。

【0024】(5) 各々がそれぞれの電圧範囲で動作すると共に高圧交流駆動インバータの1つの直流母線に接続されている1つ又は更に多くの直流-直流変換器インタフェース回路を有しているような、多数の蓄電池及び/又はウルトラキャパシタ・エネルギー貯蔵装置を用いたシステムの形式を採れる。

(6) 時間のかんりの部分の間、ソフト・スイッチング動作ができる余分の制御能力があるため、インバータのスイッチング装置に対するストレスが減少する。

【0025】(7) インバータのスイッチング損失が減少するために、低速及び軽トルク運転での駆動システムの効率が改善される。

(8) あらゆる形式の交流機に対して、直流母線の電圧が一層高いために、速度範囲が一層広くなる。

本発明の好ましい実施例を図面に示して説明したが、これらの実施例が例に過ぎないことは言うまでもない。当業者には、本発明の要旨の範囲内で、種々の変更及び置換が容易に考えられよう。従って、本発明は特許請求の範囲の要旨のみによって限定されることを承知されたい。

【図面の簡単な説明】

【図1】蓄電池に直接接続されているインバータを有している従来の電気駆動装置の回路図である。

【図2】本発明の一実施例によるインタフェース回路を含んでいる交流電気駆動装置の回路図である。

【図3】本発明による交流電気駆動装置を制御するときの、直流リンク電圧対モータ速度及びその結果得られるトルクの包絡線の一例を示すグラフである。

【図4】本発明の他の実施例による交流電気駆動装置の回路図である。

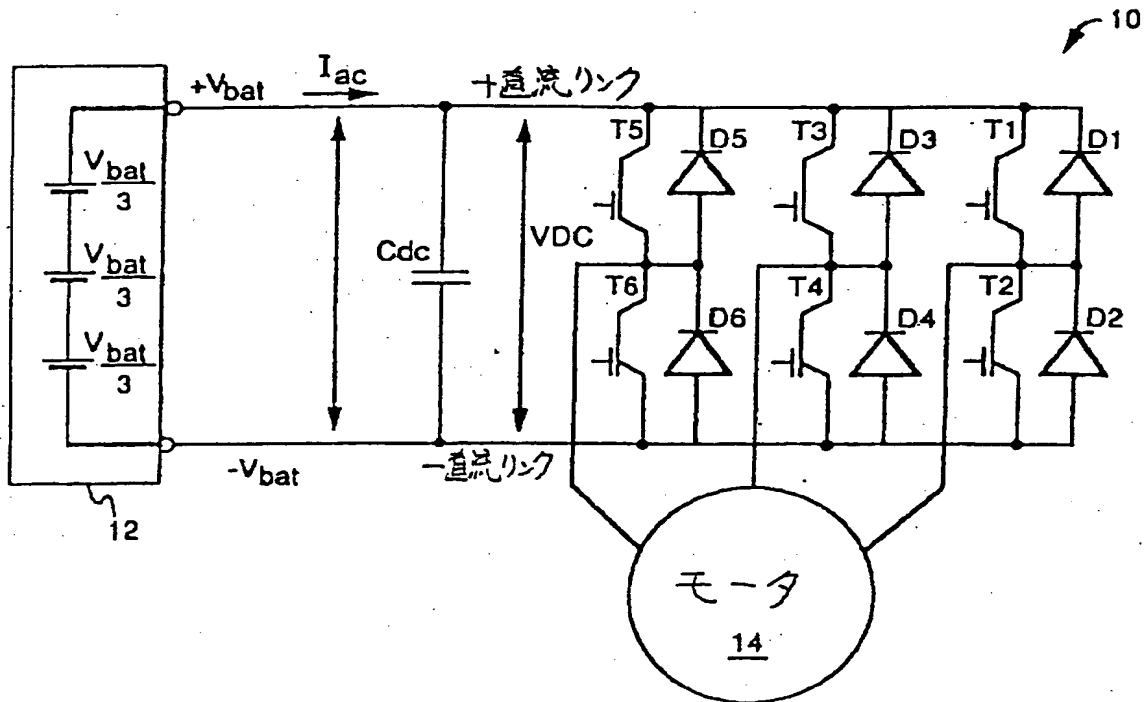
【図5】本発明の更に他の実施例による交流電気駆動装置の回路図である。

【図6】本発明の他の実施例による交流電気駆動装置の回路図である。

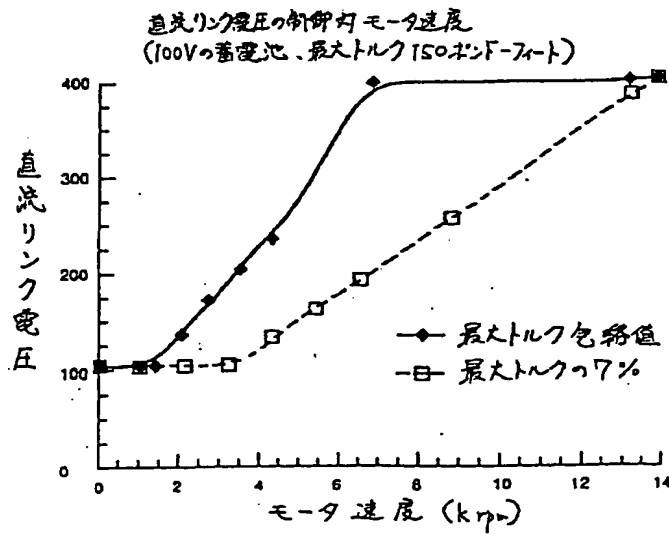
【符号の説明】

- | | | | |
|----|----------------|-------|-----------|
| 10 | インバータ | 34、42 | 電流センサ |
| 14 | モータ | 36、44 | 電圧センサ |
| 20 | 直流-直流変換器 | 40 | 直流-直流制御装置 |
| 22 | 蓄電池 | 46 | 効率調整器 |
| 30 | 電気車輛駆動システム制御装置 | 48 | 電圧制御ブロック |
| 32 | タコメータ | 50 | ゲート制御器 |

【図1】

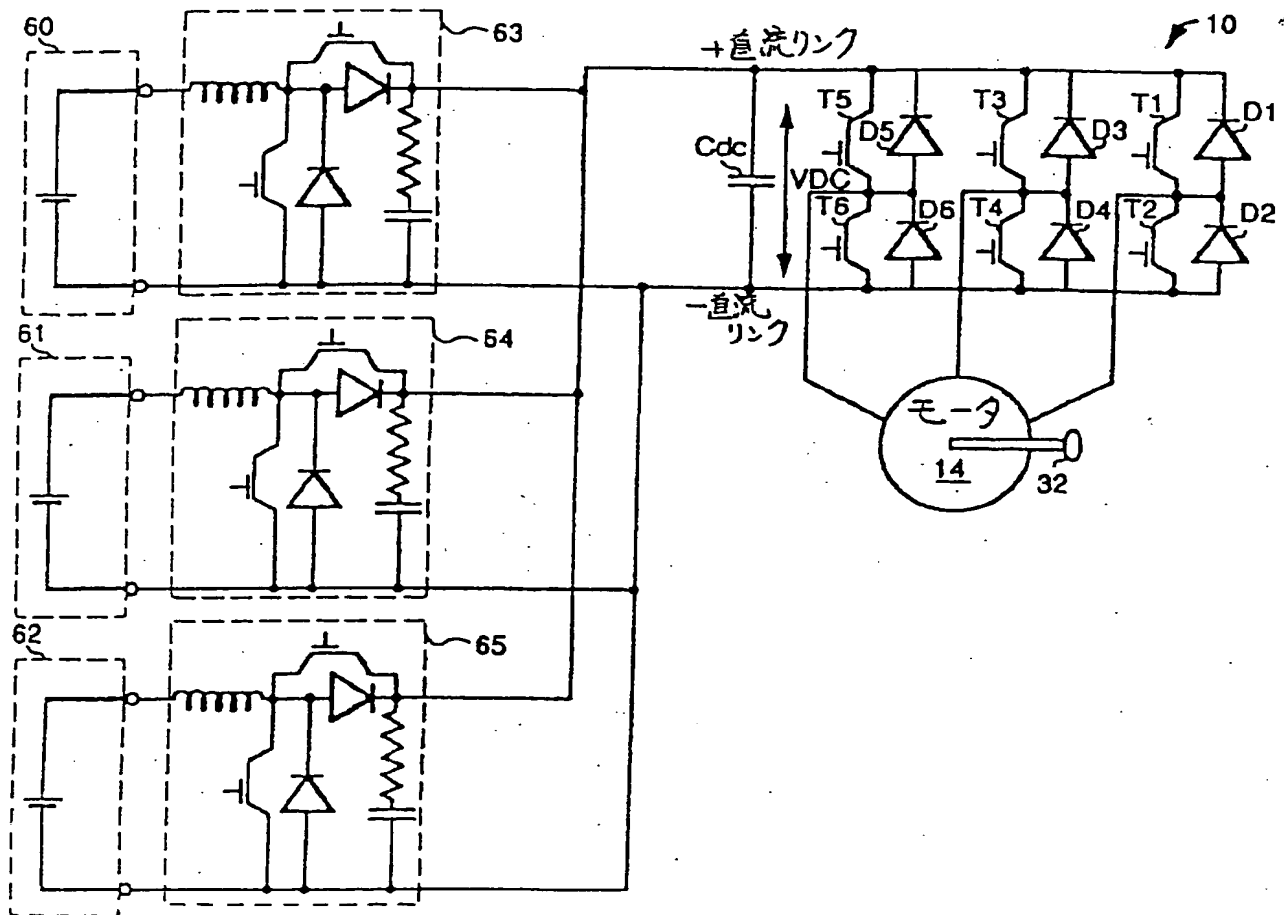


【図3】

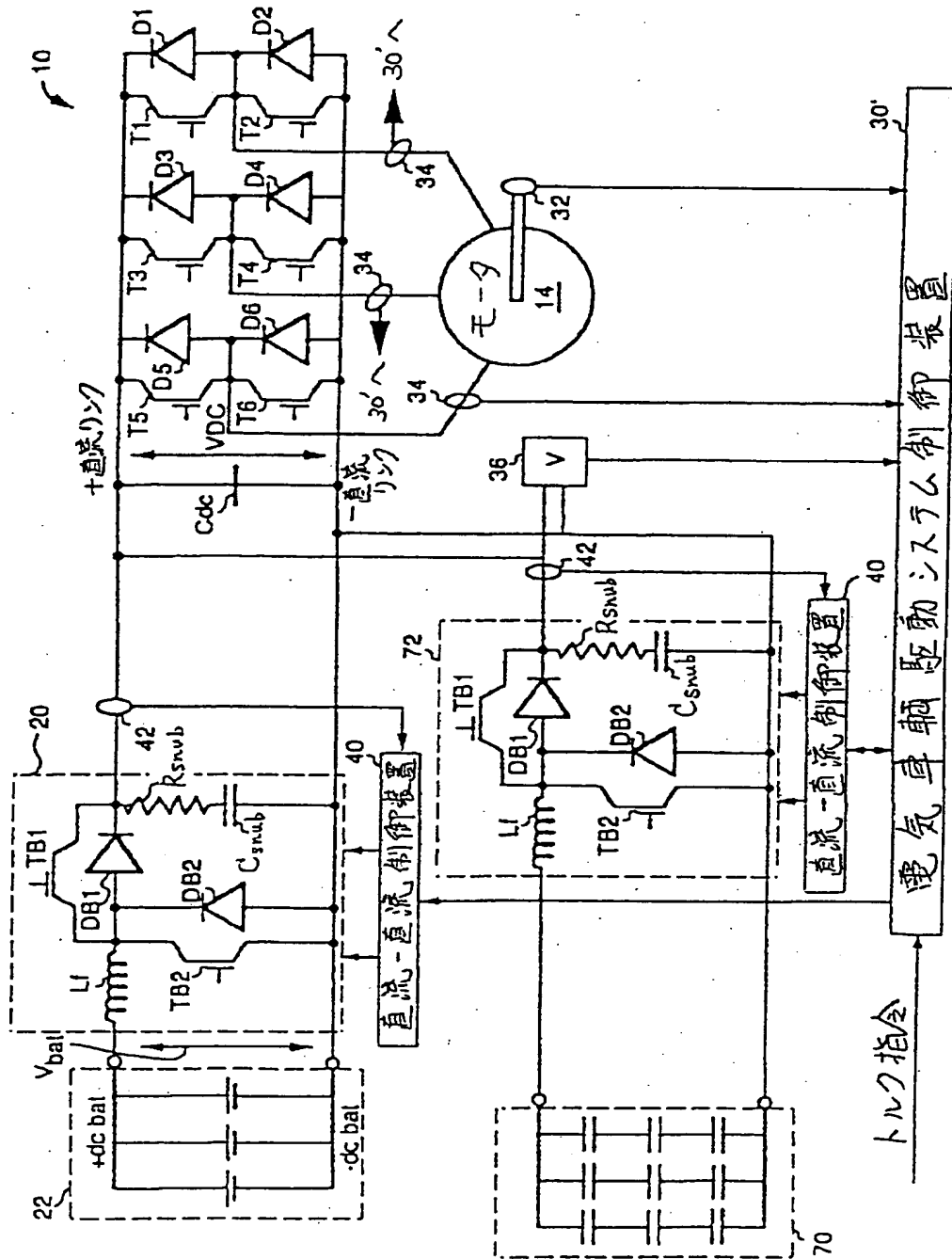


[illegible]

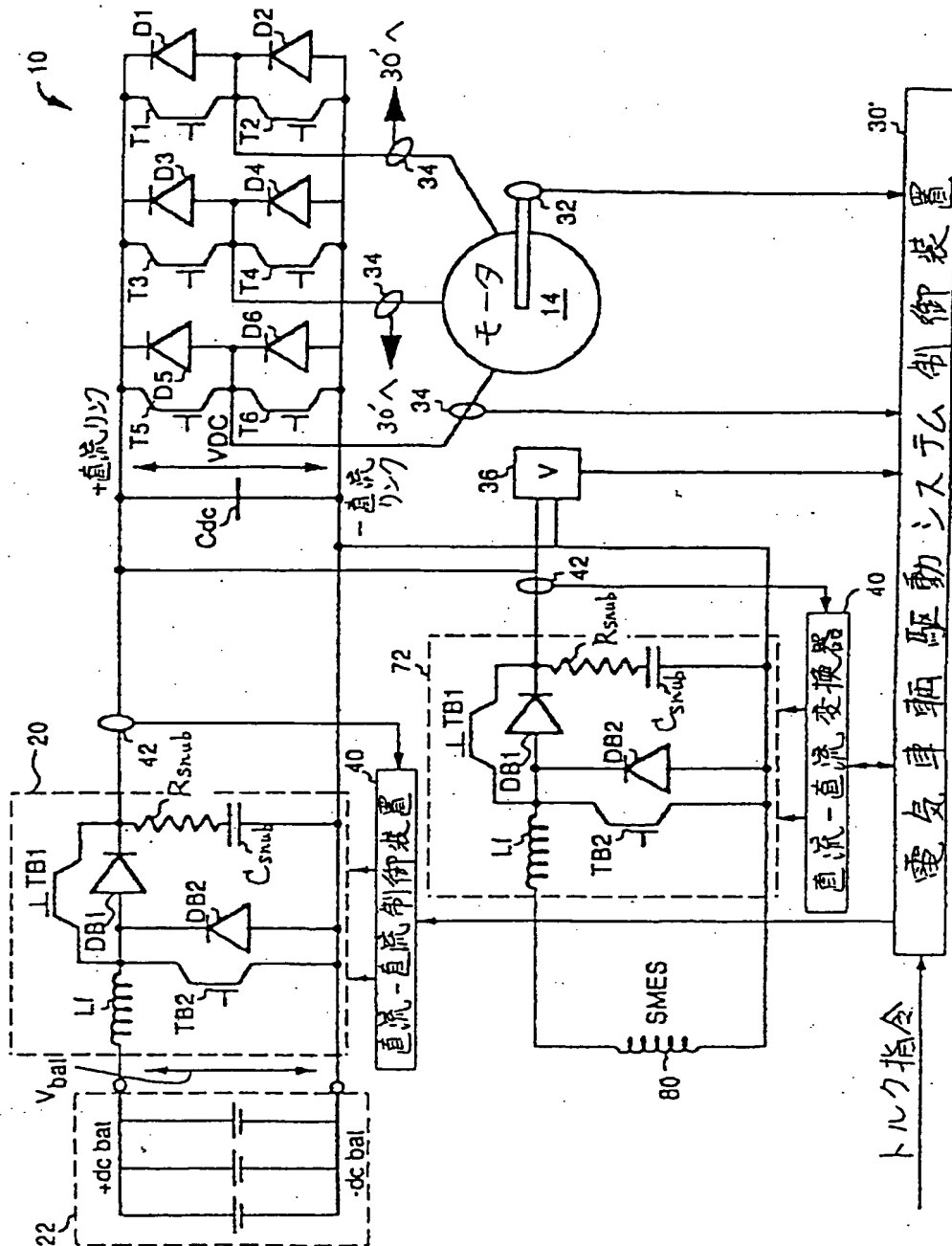
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72) 発明者 ロバート・ディーン・キング
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタディ、ウェンブル・ロード、アールデ
 ィー・ナンバー6 (番地なし)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-276609

(43)Date of publication of application : 30.09.1994

(51)Int.Cl.

B60L 9/18
H02M 3/155
H02M 7/197

(21)Application number : 05-320728

(71)Applicant : GENERAL ELECTRIC CO <GE>

(22)Date of filing : 21.12.1993

(72)Inventor : DE DONCKER RIK W A A
KING ROBERT D

(30)Priority

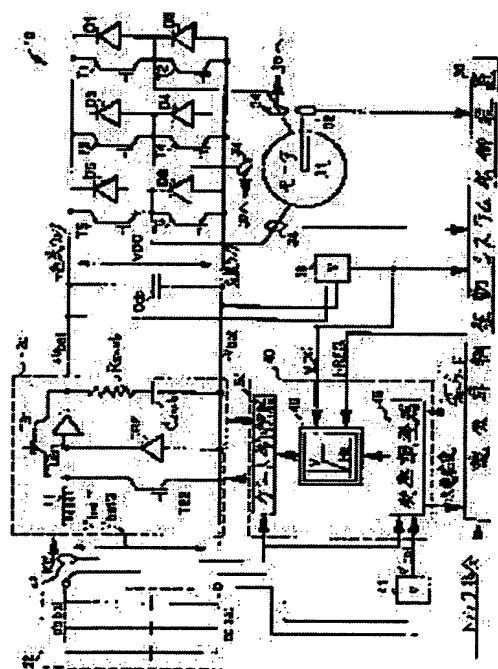
Priority number : 92 993879 Priority date : 23.12.1992 Priority country : US

(54) ELECTRIC DRIVE SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To supply an electric drive system improving the reliability of a battery and the efficiency of the system.

CONSTITUTION: An AC electric drive system contains a bi-directional power semiconductor interface 20 between a battery 22 or an auxiliary energy storage device and a power inverter 10. The bi-directional power semiconductor interface 20 boosts the input DC voltage so that DC link voltage substantially has no relation with the input DC voltage and the parameter of the battery 22 or the energy storage device and reduces/connects DC link voltage from input DC voltage. Then, input DC voltage is controlled so that efficiency is made maximum by using a prescribed torque envelope value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.07.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-20403

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 20.10.2003

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] So that input direct current voltage may be sent out to the power inverter which changes a direct-current link electrical potential difference into alternating current output power, and the drive system concerned It is the bidirectional DC to DC converter connected between a means to connect energy storage equipment to said power inverter, a means to this connect, and said inverter. This DC to DC converter So that only the predetermined rate may carry out the pressure up of said input direct current voltage and said direct-current link electrical potential difference may become unrelated substantially with the parameter of said input direct current voltage and said energy storage equipment The bidirectional DC to DC converter which decouples said direct-current link electrical potential difference from said input direct current voltage sent out from said energy storage equipment, The electric drive system equipped with the control means which controls said input direct current voltage by controlling actuation of the electric drive system concerned to make effectiveness into max using the envelopment value of predetermined torque.

[Claim 2] Said energy storage equipment is an electric drive system containing the battery which has the module by which parallel connection was carried out according to claim 1.

[Claim 3] Said DC to DC converter is an electric drive system containing a comparison pressure-up form converter according to claim 1.

[Claim 4] Said control means is an electric drive system according to claim 1 which uses the envelopment value of the predetermined torque acquired as a result of [its] the direct-current link electrical-potential-difference pair motor rate data memorized by memory as a look-up table.

[Claim 5] So that input direct current voltage may be sent out to the power inverter which changes a direct-current link electrical potential difference into alternating current output voltage, and the drive system concerned A means to connect each of two or more energy storage equipments to said power inverter, It is the bidirectional DC to DC converter connected between each of a this means to connect, and said inverter. Each of this DC to DC converter So that only the predetermined rate may carry out the pressure up of the each direct current voltage of said input of said energy storage equipment and said direct-current link electrical potential difference may become unrelated substantially with the parameter of said each of input direct current voltage and each of said energy storage equipment The bidirectional DC to DC converter which decouples said direct-current link electrical potential difference from said input direct current voltage sent out from said each energy storage equipment, The electric drive system equipped with the control means which controls said input direct current voltage supplied from each of said energy storage equipment by controlling actuation of the electric drive system concerned to make effectiveness into max using the envelopment value of predetermined torque.

[Claim 6] At least one of said the energy storage equipment is an electric drive system containing a battery according to claim 5.

[Claim 7] At least one of said the energy storage equipment is an electric drive system containing an ultra capacitor according to claim 5.

[Claim 8] At least one of said the energy storage equipment is an electric drive system containing super-electric conduction magnetic energy storage equipment according to claim 5.

[Claim 9] Said control means is an electric drive system containing the respectively separate control unit attached to each of a DC to DC converter according to claim 5.

[Claim 10] Each of said DC to DC converter is an electric drive system containing a comparison pressure-up form converter according to claim 5.

[Claim 11] Said control means is an electric drive system according to claim 5 which uses the envelopment value of the predetermined torque acquired as a result of [its] the direct-current link electrical-potential-difference pair motor rate data memorized by memory as a look-up table.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Generally this invention relates to an electric drive system. Furthermore, speaking concretely, this invention's relating to the power semiconductor interface which enables it to improve dependability and effectiveness by decoupling the electrical potential difference of the battery for promotion, or the electrical potential difference of auxiliary energy storage equipment from the direct-current link electrical potential difference of an electric drive system.

[0002]

[Description of the Prior Art] The level of the torque required of it and power is increasing today's electric vehicle driving gear so that the severe acceleration conditions and climb conditions of a vehicle may be suited. In order to be practical, the electric vehicle driving gear for commerce must make cost, a dimension, and weight the minimum. the semiconductor device of a still higher electrical potential difference may come to be used for ten years recently -- alike -- taking -- the industry -- a network electrical potential difference (namely, direct-current link electrical potential difference) -- about 100 -- the power flux density of a drive system is raised by raising from V by 300V, and although rated voltage is still higher, it has enabled it to use the still smaller power semiconductor of the rated current for an inverter in this way It was an advantage that the dimension and cost of an electric drive system were able to be held down by this balance to the minimum. When a battery is set aside, an inverter is a subsystem which costs apply most in the whole electric drive system, and are components with which a power solid state switch generally starts most in this inverter as for costs. In the typical voltage level of these driving gears, the cost of a power semiconductor increases much more quickly as not an electrical potential difference but a function of a current.

[0003] By making high a direct-current network electrical potential difference, it was conspicuous, lowering cost and the engine performance has been improved. However, the thing for which a direct-current network electrical potential difference is increased Although it is attained by connecting a cel with still smaller a large number (for example, 2V) to a serial while it needs to design a battery on comparatively high electrical potential differences (typically nominal rating 300 V) and this designs a cel with still smaller current capacity therefore, the capacity for every cel -- being disproportionate (mismatch) -- it is disadvantageous to reduce the dependability and the life of a battery. The probability of the fluctuation for every cel becomes still larger, so that it will be carried out, if many cels are further connected to a serial. Constraint of the weight of a battery also restricts the number of the serial strings of a cel who can connect with juxtaposition, and reduces dependability further.

[0004] Therefore, while offering the solution over the problem of the dependability of a high-voltage battery, it is desirable by decoupling energy storage equipment from a direct-current link electrical potential difference to raise the effectiveness of an alternating current electric drive system.

[0005]

[Abstract] The alternating current electric drive system is equipped with the bidirectional power semiconductor interface containing the DC to DC converter connected between the power inverter which changes a direct-current link electrical potential difference into alternating current output voltage, a means to connect energy storage equipment to a power inverter so that input direct current voltage may be sent out to a drive system, and the means and inverter to connect. The DC to DC converter decouples the direct-current link electrical potential difference from input direct current voltage while only the predetermined rate is carrying out the pressure up of the input direct current voltage so that a direct-current link electrical potential difference may become unrelated substantially with the parameter of input direct current voltage and energy storage equipment. In order to control actuation of an electric drive system that effectiveness should be made max using the envelopment value (envelope) of predetermined torque, the control means which controls input voltage is established.

[0006] As for the battery or energy storage equipment of an electric drive system, by using the power semiconductor interface of this invention, it is advantageous that it can design on an electrical potential difference which makes the dependability and life max, and on the other hand, the volt input to a drive system is control through the interface to given torque / rate operating point to make stress to the components of an inverter into the minimum while making effectiveness into max.

[0007] The description and advantage of this invention will become clear from the place which explains a drawing in detail below.

[0008]

[Example] Since a motor 14 is driven, drawing 1 shows the ordinary electric drive system containing the inverter 10 by which direct continuation is carried out to the battery 12. The motor 14 may be equipped with the AC machine of the suitable format of the arbitration containing an induction machine, a permanent magnet (interior or surface magnet) form synchronous machine, an electronic commutation form motor, or a switch reluctance machine. The input filter capacitor Cdc is connected between the direct-current links VDC. An inverter 10 is two switching device T1-T2 per phase crossroads by which the series connection is carried out, T3-T four, and T5-T6. It is shown as a thing equipped with the three-phase-circuit inverter which it has, respectively. Diode D1-D2, D3-D4, and D5-D6 Each switching device T1-T2, T3-T four, and T5-T6 It connects with reverse juxtaposition, respectively.

[0009] It is switching device T1 -T6 so that ordinarily. An external torque command is answered and it is controlled by the inverter / motor control equipment based on a microprocessor (not shown in drawing). The instantaneous value of the direct-current link electrical potential difference VDC is the parameter (for example, open circuit voltage, internal resistance, a charge condition, temperature) of a battery and the property of a motor, and the magnitude and the function with a polarity of a torque command to an electric drive system. In ***** torque operation, an inverter operates in Pulse-Density-Modulation (PWM) mode, and it is the comparatively high battery voltage Vbat. The switch loss with substantial to the switching device of an inverter required consequently lowering in a chopper operation to the level required of proper operation of a motor arises.

[0010] The battery 12 is shown by drawing 1 in graph as a battery of the comparatively high electrical potential difference constituted

as series connection of three battery modules with which each has the electrical potential difference of $V_{bat}/3$. When failure takes place to one or further many strings of the juxtaposition strings of the cel which constitutes one module of a battery with a high electrical potential difference from an ordinary electric drive system as shown in drawing 1, it is a fault that remarkable degradation arises in the capacity of a battery.

[0011] However, according to this invention, the energy from a battery or auxiliary energy storage equipment is efficiently transmitted to the alternating current mechanical component of a high electrical potential difference through a power semiconductor interface circuitry. As an example of auxiliary energy storage equipment, there is magnetic energy storage equipment like an ultra capacitor or super-electric conduction magnetic energy storage equipment (SMES). An interface circuitry decouples the electrical potential difference of energy storage equipment from the direct-current link electrical potential difference of a drive system, and makes the availability of energy storage equipment max in this way. Furthermore, an interface circuitry performs bidirectional quick energy conversion, and enables recovery of quick acceleration of a drive system, and regeneration energy.

[0012] Drawing 2 shows the electric alternating current drive system by one example of this invention. The interface circuitry 20 containing a DC to DC converter is connected between the battery 22 and the inverter 10. Thanks to an interface circuitry 20, as for a battery 22, it is advantageous to have the battery (V'_{bat}) with an electrical potential difference still lower than the battery 12 (V_{bat}) of drawing 1. Speaking concretely, by drawing 2, a battery 22 is shown as a thing equipped with three battery modules connected to juxtaposition rather than in-series, and decreasing the electrical potential difference of the whole battery to one third compared with the case of drawing 1.

[0013] Battery voltage V'_{bat} still lower in order to attain high power and a high rate using the drive system of drawing 2. A pressure up must be carried out only at most 3 times. Furthermore, total battery current I_{dc}' must be 3 times the direct-current link current I_{dc} of drawing 1. Therefore, it is necessary to increase the rated current of the switching device of DC to DC converter 20 of drawing 2 about 3 times of the rated current of the switch of each phase branch of the conventional system of drawing 1.

[0014] It is the input filter inductor L_f by which drawing 2 is shown as what DC to DC converter 20 equips with the comparison pressure-up form (namely, bidirectional form) transducer of a well-known format, and this transducer is connected to the combination of juxtaposition of 1st switching device TB1 and the reverse juxtaposition diode DB1, and a serial. It has 2nd switching device TB2 and the combination of juxtaposition of reverse juxtaposition diode DB2 are [direct-current link electrical-potential-difference-VDC and] the negative filter inductor L_f . And it connects between the nodes which have connected switching device TB1. A serial combination of the snubber resistance R_{snub} and the snubber capacitor C_{snub} is connected between negative direct-current link electrical-potential-difference-VDC and the cathode of diode DB1.

[0015] The electric vehicle drive system control station 30 receives an external (as [described / drawing 1 / above]) torque command, the motor rate measured value from a tachometer 32, the phase current measured value from a current sensor 34, and the direct-current link amplitude-measurement value from a voltage sensor 36. A control unit 30 receives the signal with which the condition of DC to DC converter 20 which is explained later is expressed further from the direct-current-direct-current control unit 40. On the other hand, a control unit 30 generates the feedforward (forward space) signal for generating DC to DC converter 20 and the gate signal over the switching device of an inverter 10 while changing the motor speed signal from a tachometer 32 into the signalling frequency $FREQ$ over the direct-current-direct-current control unit 40.

[0016] As shown in drawing 2, the direct-current-direct-current control unit 40 is battery amplitude-measurement value V'_{bat} and direct-current input current I_{dc}' from a current sensor 42 from a voltage sensor 44. Measured value is received. Speaking concretely, being electrical-potential-difference V'_{bat} and current I_{dc}' . Measured value is supplied to the effectiveness regulator 46, and a regulator 46 generates the effectiveness adjustment signal over the armature-voltage control block 48, in order to make effectiveness into max using the envelopment value (envelope) of predetermined torque. The armature-voltage control block 48 uses the signalling frequency $FREQ$ from the direct-current link amplitude-measurement value and control unit 30 from a voltage sensor 44, in order to control operation of a motor, while making effectiveness into max using the envelopment value of predetermined torque, and it is input direct-current-voltage V'_{bat} . It controls. The proper gate signal for controlling operation using the envelopment value of this torque is generated by the gate control block 50.

[0017] Drawing 3 shows the envelope of the torque acquired as a result of [its] the direct-current link electrical-potential-difference pair motor rate data to an electric vehicle drive system which is used with the armature-voltage control block 48. According to this invention, the direct-current-direct-current control unit 40 controls operation along with the envelope of predetermined torque as shown in drawing 3 so that effectiveness becomes max. Data as shown in drawing 3 are memorizable as a look-up table to the direct-current-direct-current control device 40 (drawing 2). If actuation is explained, DC to DC converter 20 is still lower battery voltage V'_{bat} at the time of a drive (or between motor actuation). A pressure up is carried out to the still higher direct-current link electrical potential difference VDC. At the time of a low speed and ** torque, it is off, therefore the condition of a transducer 20 is also off, and switches TB1 and TB2 are battery voltage V'_{bat} . It connects with an inverter 10 through the diode DB1 by which forward bias was carried out. In order to increase a rate and torque, the pressure up of the battery voltage is carried out using the switching devices TB1 and TB2 of an interface 20. Speaking concretely, the condition of a converter 20 being ON, and maintaining actuation using the envelopment value of predetermined torque so that it may state below. It is Inductor L_f if a switch TB 2 becomes a turn-on. A current increases. The switch TB 2 after increasing to the level by which the current was controlled becomes a turn-off, and is Inductor L_f . The sign of the differential of a current which was flowing changes and it is Inductor L_f . Induction of the electrical potential difference is carried out to both ends. Forward bias of the diode DB1 is carried out, it raises a direct-current link electrical potential difference, and supplies power to a motor. If it decreases to the value by which the inductor current was controlled, a switch TB 2 will change to ON again, and this cycle will be repeated.

[0018] On the other hand, the power from a high voltage direct current link is changed into value V'_{bat} of battery voltage between regenerative braking, consequently a current flows into a battery. Especially the switch TB between regenerative braking 2 are kept off. The turn-on of the switch TB 1 is carried out, and it is Inductor L_f . A current is made to increase. It is Inductor L_f , if a switch TB 1 is made into a turn-off after increasing to the level by which the current was controlled. The sign of the differential of a current changes and induction of the electrical potential difference is carried out to the both ends. a current – inductor L_f from – diode DB2 by which went into the battery and forward bias was carried out after that – minding – inductor L_f It flows in the returning closed circuit. A direct-current link current charges the filter capacitor C_{dc} between time amount with an off switch TB 1. It is advantageous to enable it to decrease the scale and weight of passive type components of DC to DC converter 20 and an inverter 10 in regenerative-braking mode using a high frequency chopper operation. Furthermore, according to the limitation of the regeneration current of a battery, a switch TB 1 can make the rated current still smaller than a switch TB 2.

[0019] Effectiveness is improved in the case of operation with a rate with the electric drive system of drawing 2 lower than the rate of the corner point of a motor, and ** torque. However, it is expected that the effectiveness of large torque and the whole alternating current drive system which contains DC to DC converter 20 if high-speed becomes low a little rather than the drive system of a basis

shown in drawing 1 . however, being operated with the maximum motion force or the envelopment value of torque among the whole drive for the application of most electric vehicles which use a battery as a power source -- **** -- it is a small part. Therefore, that the effectiveness of a system falls at the time of the envelopment value of the maximum torque are the dependability of a battery or energy storage equipment, and the point of improving the latitude to failure, and it is appropriate balance.

[0020] As other advantages of the power semiconductor interface circuitry of this invention, it is the serial inductor Lf. Since it exists, the alternating current ripple added to a battery decreases. Drawing 4 is drawing showing the electric drive system of other examples by this invention, and the battery of plurality (n pieces) by which each has the DC to DC converter interface between the battery and the inverter 10 is used. Each of the switching device of a transducer has the rated current of 1/n, or the almost same rated current as the switching device of the conventional system of drawing 1 compared with the case of the DC to DC converter of drawing 2 . For example, the system of drawing 4 is shown as what has three batteries 60-62 and three corresponding DC to DC converter interfaces 63-65, respectively. As for the system of drawing 4 , it is advantageous in the case of the hard failure of each battery, or software failure to have the latitude to excessive failure. When hard failure (for example, off [a short circuit or off]) is detected, each DC to DC converter is made non-operative (disabling), and a drive system is operated by two thirds of capacity. In the case of software failure (namely, degradation of a battery), using an external control unit, the load to the battery which deteriorated can be decreased and the highest power level can be supplied to a motor, without increasing the stress to the battery by which capacity fell in this way so that the same electrical potential difference as other two batteries may be maintained.

[0021] Drawing 5 shows the electric drive system of other examples of this invention which uses both the battery 22 for promotion of a low battery, and auxiliary energy storage equipment 70. Energy storage equipment 70 is shown as a thing equipped with the ultra capacitor bank. The battery 20 and the ultra capacitor bank 70 are connected to the inverter 10 respectively through the separate DC to DC converter interfaces 20 and 72. Each DC to DC converter interface has the local control unit 40 of itself which has the function of current feedback, a gate drive, and protection. Sequence control (namely, allocation of the instantaneous power between the batteries and ultra capacitor banks which answered the torque command) of the source of promotion is performed by control unit 30'. since both DC to DC converters 20 and 22 are bidirection -- the control unit of a system -- an ultra capacitor -- regenerative braking -- or it can charge by either from the battery for promotion. In acceleration of a vehicle, and the case of regenerative braking, especially an ultra capacitor bank sends out large power dynamically, or receives large power, and lowers the peak power of the battery for promotion to level [a little] higher than the mean power of a driving gear in this way. Therefore, although the switching device excessive [two] is used for the system of drawing 5 compared with the system of drawing 2 , since the DC to DC converter interface 20 switches not a peak power but mean power, a switching device with the still lower rated current can be used for it.

[0022] Instead of the ultra capacitor bank 70 of drawing 5 , drawing 6 shows other examples of this invention which uses super-electric conduction magnetic energy storage equipment (SMES) 80. The advantage of the electric drive system of this invention includes the following, if it summarizes.

(1) While improving the dependability of a battery using the still lower battery module of the electrical potential difference which has a number small one layer of cels connected to the serial, lengthen the life of a battery.

[0023] (2) Improve that a battery is hard and the latitude to failure of a drive system in the case of software failure.

(3) The alternating current ripple impressed to a battery for the serial inductor prepared in the DC to DC converter interface circuitry decreases.

(4) The engine performance and control action of a system under operation are improved using the battery which has the internal cel whose capacity is not the same.

[0024] (5) While each operates in each electrical-potential-difference range, the format of the system using the battery of a large number which have one or further many DC to DC converter interface circuitries which are connected to one direct-current bus-bar of a high-pressure alternating current drive inverter, and/or ultra capacitor energy storage equipment can be taken.

(6) Between most parts of time amount, since there is an excessive controllability which can perform software switching operation, the stress to the switching device of an inverter decreases.

[0025] (7) In order that the switching loss of an inverter may decrease, the effectiveness of a low speed and the drive system in ** torque operation is improved.

(8) To the AC machine of all formats, since the electrical potential difference of a direct-current bus-bar is still higher, speed range becomes still larger.

Although the desirable example of this invention was shown in the drawing and explained, it cannot be overemphasized that these examples are only examples. Various modification and permutations will be easily considered within the limits of the summary of this invention by this contractor. Therefore, please agree for this invention to be limited by only the summary of a claim.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the circuit diagram of the conventional electric drive equipment which has the inverter by which direct continuation is carried out to the battery.

[Drawing 2] It is the circuit diagram of the alternating current electric drive equipment containing the interface circuitry by one example of this invention.

[Drawing 3] It is the graph which shows an example of the envelope of the torque when controlling the alternating current electric drive equipment by this invention acquired as a result of [its] a direct-current link electrical-potential-difference pair motor rate.

[Drawing 4] It is the circuit diagram of the alternating current electric drive equipment by other examples of this invention.

[Drawing 5] It is the circuit diagram of the alternating current electric drive equipment by the example of further others of this invention.

[Drawing 6] It is the circuit diagram of the alternating current electric drive equipment by other examples of this invention.

[Description of Notations]

10 Inverter

14 Motor

20 DC to DC Converter

22 Battery

30 Electric Vehicle Drive System Control Station

32 Tachometer

34 42 Current sensor

36 44 Voltage sensor

40 Direct-Current-Direct-Current Control Unit

46 Effectiveness Regulator

48 Armature-voltage Control Block

50 Gate Control Machine

[Translation done.]

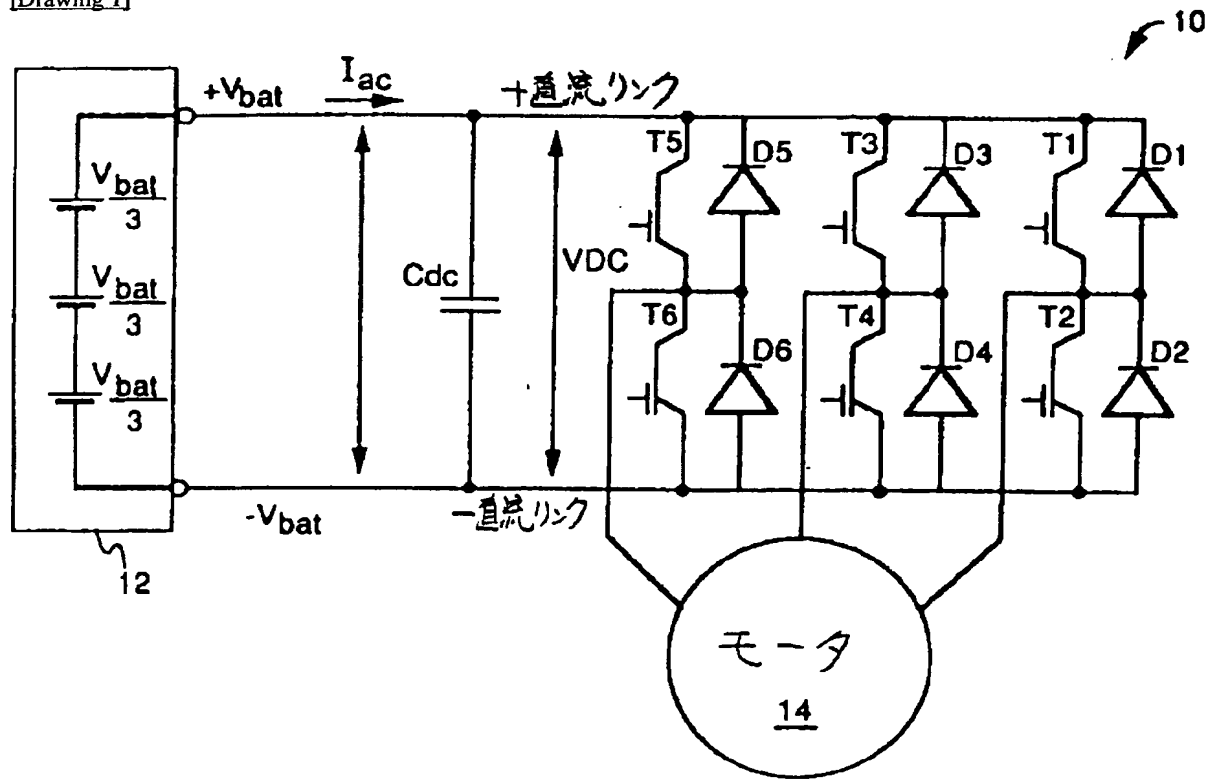
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

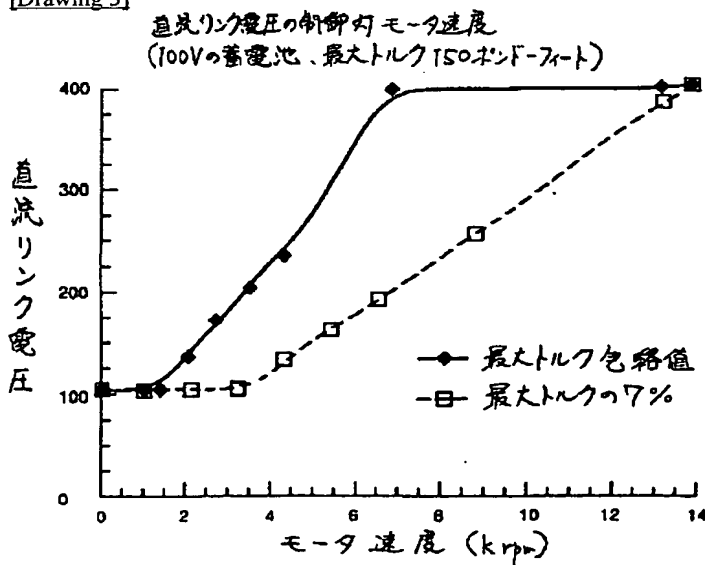
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

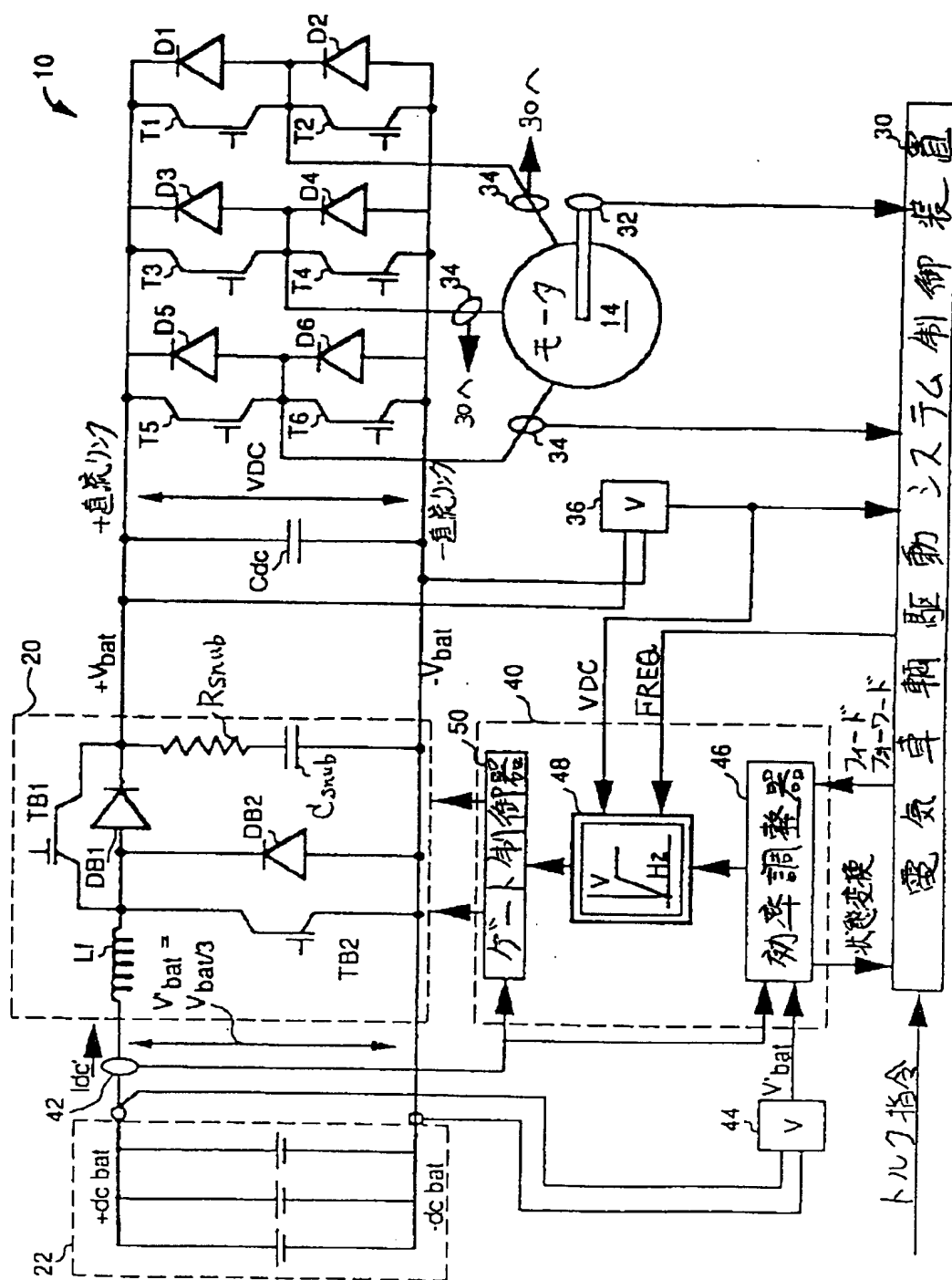
[Drawing 1]



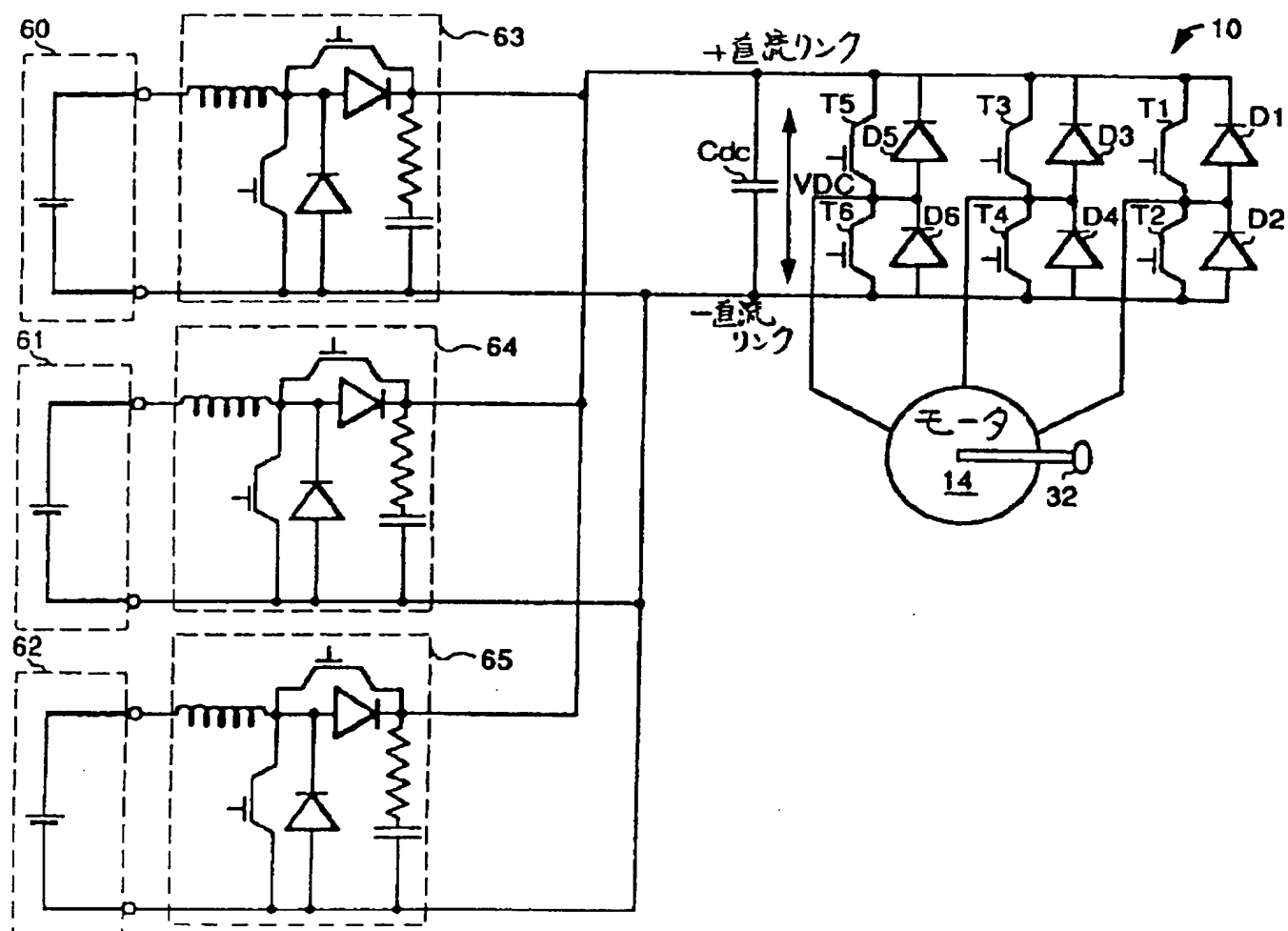
[Drawing 3]



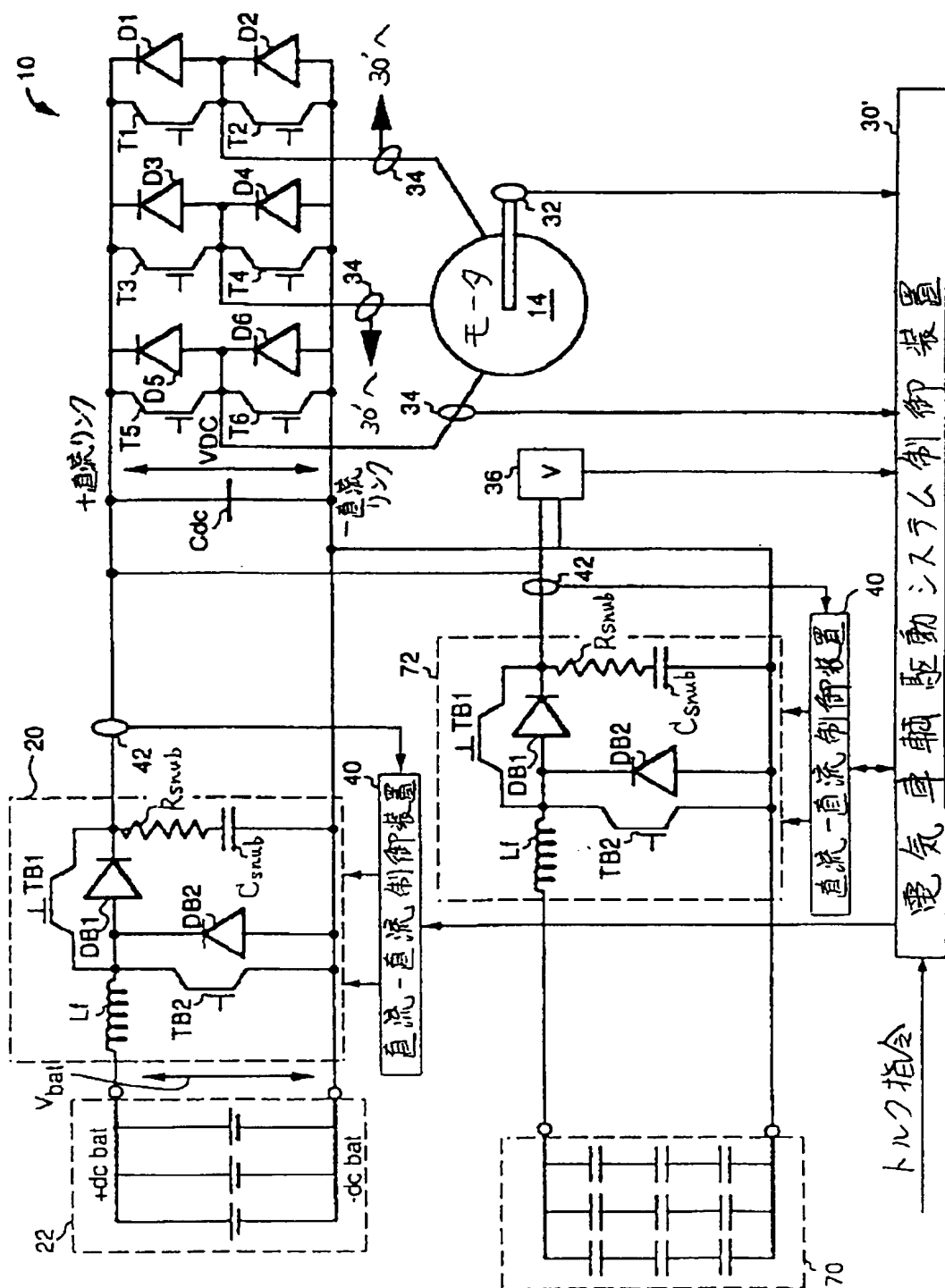
[Drawing 2]



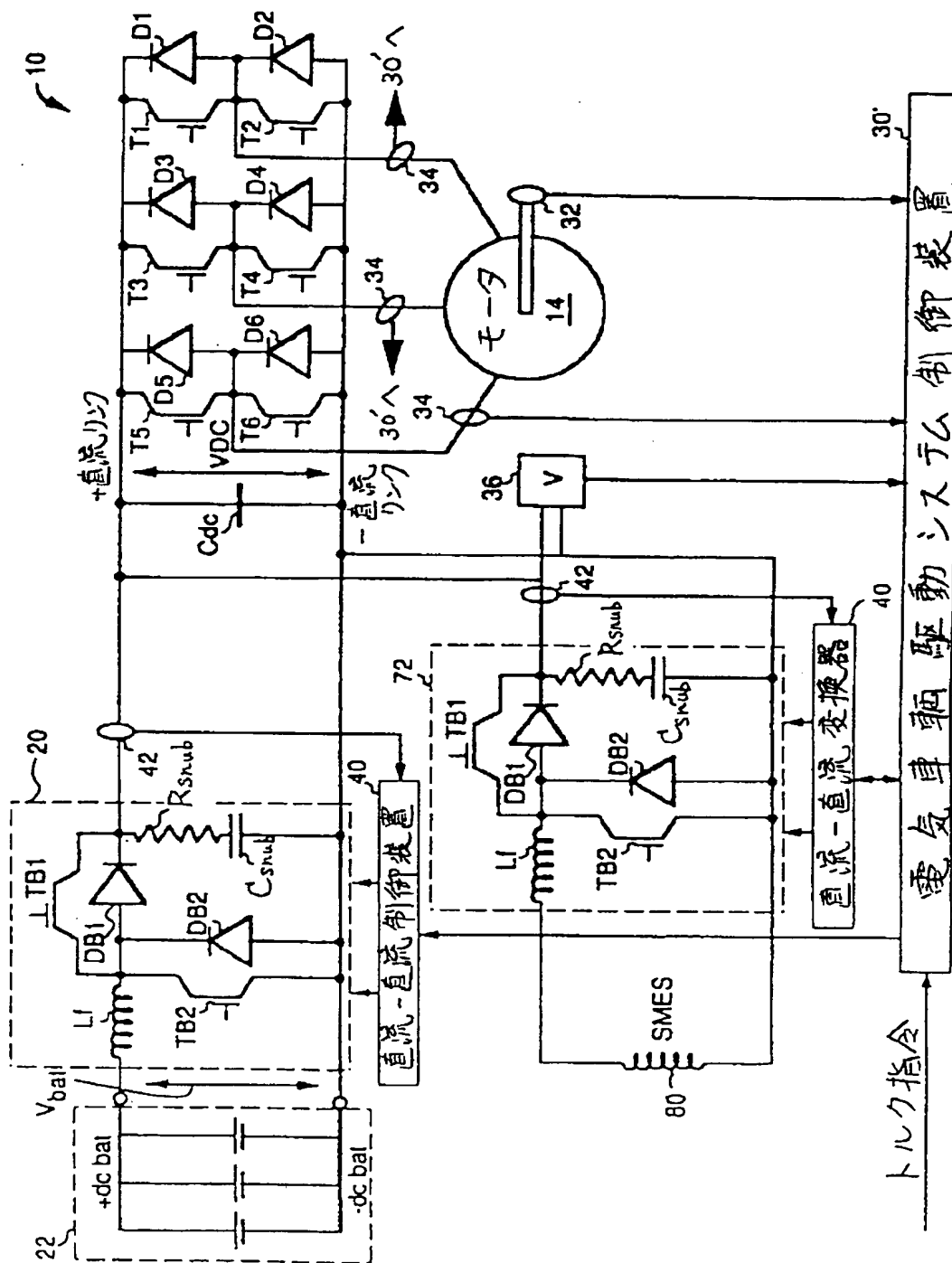
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]